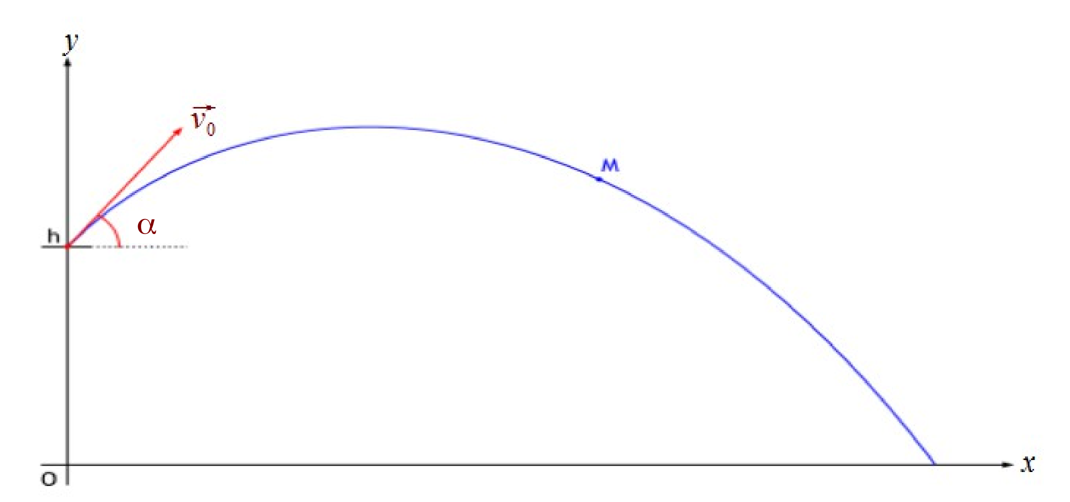
TP 10: Mouvement parabolique

Objectifs: Connaître et exploiter les 3 lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier les mouvements dans les champs de pesanteur et électrostatique uniforme.
Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.

I°) Chute libre dans le champs de pesanteur terrestre

A°) Étude théorique



On considère une objet (balle, bille …) lancé dans l'air d'une hauteur ***h*** avec une vitesse initiale v_0 inclinée d'un angle **α** par rapport à l'horizontale. Pour la suite, on négligera les frottements et la poussée d'Archimède.

1°) A $t = 0$, donner les composantes du vecteur position et du vecteur vitesse que l'on notera $\overrightarrow{OM}_0$ et $\vec{v_0}$.
(ce sont les conditions initiales).

2°) Appliquer la seconde loi de Newton à cet objet.

3°) Intégrer pour trouver les composantes du vecteur vitesse $\overrightarrow{v(t)}$.

4°) Intégrer une dernière fois pour trouver les composantes du vecteur position $\overrightarrow{OM(t)}$.

5°) Donner l'expression de la trajectoire sous la forme ***y*(*x*)**.

6°) La trajectoire obtenue est de quelle forme ?

B°) Étude expérimentale

Dans cette partie vous allez réaliser une acquisition vidéo d'un objet lancé dans l'air.

Pour cela nous utiliserons le logiciel VirtualDub (gratuit !) pour réaliser l'acquisition + le logiciel Régressi et Régavi (gratuit aussi!) pour le pointage et la modélisation.

***Partie 1* : Acquisition vidéo**

- Brancher la Webcam et ouvrir le logiciel VirtualDub, regarder son mode d'emploi pour réaliser une acquisition vidéo.

***Partie 2* : Pointage vidéo**

Dans ***Régressi → Nouveau → Regavi.***
• Cliquez ensuite sur ***Lecture d'un fichier AVI → Fichier*** puis choisir la vidéo que vous venez de réaliser.

Ensuite il faut paramétrer le logiciel :
• Cliquez sur ***Origine*** pour placer l'origine du repère.
Choisir l'origine à l'endroit où l'objet est lancé (plus de contact avec la main).

• Cliquez sur ***l'échelle*** pour définir une longueur de référence. (2 points de référence sont nécessaires).

• Cliquez ensuite sur ***Mesures***. Pointer alors les positions successives de l'objet. Le logiciel affiche alors l'ordonnée et l'abscisse de celui-ci et la date ***t*** correspondant.

• Cliquez alors sur **Stop** pour arrêter la saisie des points et cliquez sur Regressi pour envoyer les résultats sous Régressi.

Partie 3 **: Modélisation**

Pour gommer les imperfections des repérages, nous allons modéliser les différentes grandeurs.

1°) Faire afficher ***y(t)***. Modéliser la courbe obtenue par le modèle proposé le plus approprié. Faire ***ajuster*** la courbe et recopier l'expression de ***y(t)*** avec les valeurs numériques.

2°) Faire la même chose avec ***x(t)***.

3°) Faire de même avec ***y(x)***.

<u>C°) Exploitation des données</u>

1°) A partir des expressions théoriques établies au début du TP, et des expressions numériques de ***x(t)*** et de ***y(t)*** déduites de la modélisation, en déduire les valeurs des grandeurs suivantes :

- Vitesse initiale $\boldsymbol{v_0}$
- Angle initial **α**
- Champs de pesanteur ***g***

2°) La valeur communément admise de ***g*** est 9,81 m.s^{-2}. Faire un calcul d'erreur relative.

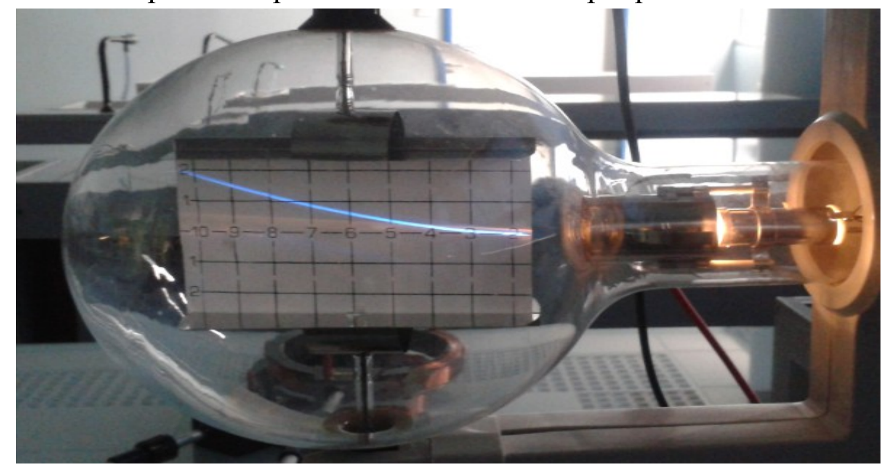
<u>II°) Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme</u>

Une particule (électron, proton) de charge ***q*** soumise à un champ électrique uniforme $\vec{E}$ subit une force $\vec{F}$ dont l'expression est la suivante :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

<u>A°) Étude théorique</u>

Dans cette partie nous allons analyser le mouvement d'un électron envoyer avec une vitesse $\vec{v_0}$ ***horizontale*** dans une zone où règne un champs électrique uniforme $\vec{E}$ entre 2 plaques d'un condensateur.



1°) Ici la tension entre les 2 plaques vaut **U = 3000 V** et la distance entre elles est ***d* = 5,2 cm**. Calculer la valeur du champs électrique sachant que $\boldsymbol{E = \frac{U}{d}}$.

2°) Comparer le poids ***P*** et la force électrique ***F*** pour un électron. Quelle force peut-on négliger ?
Données : charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\, C$ et masse électron : $m_e = 9{,}1 \times 10^{-31}\, kg$.

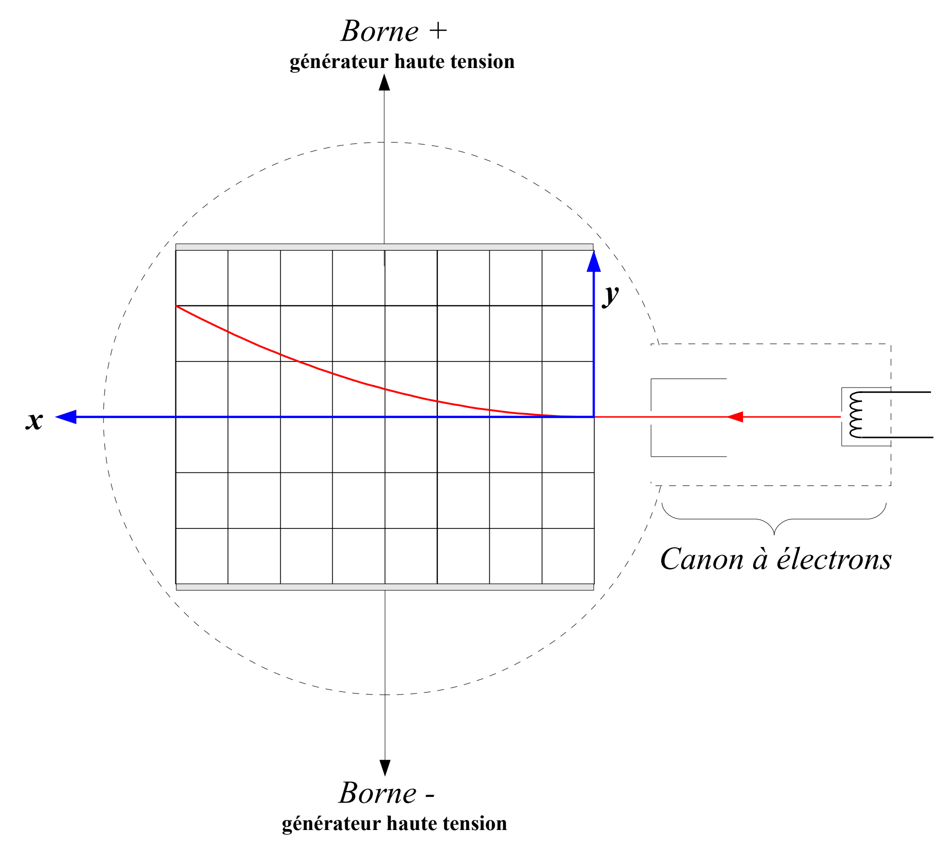
3°) Appliquer alors la seconde loi de Newton à cet électron. Quel est l'analogue du champ électrique $\vec{E}$ et de la charge ***q*** par rapport à la chute parabolique.

4°) Que vaut l'angle **α** ici ?

5°) En déduire que la trajectoire de cet électrons dans le champ électrique est $y(x) = \frac{e\,\mathrm{E}}{2\, m_e v_0^2} x^2$.

B°) Étude expérimentale : détermination de la vitesse v_0

On a représenté le schéma de l'expérience ci-dessous :



1°) Représenter les vecteurs $\vec{F}$, $\vec{v_0}$ et $\vec{E}$ (sans souci d'échelle). La déviation des électrons vous semble-t-elle en accord avec le sens du champ électrique ?

On a pris une photo de l'écran et nous en avons fait une vidéo. Sous Régavi faire le pointage de la trajectoire et ensuite sous Régressi faire afficher la trajectoire ***y(x)***.

2°) Vérifier alors que le faisceau d'électrons suit une trajectoire parabolique, et qu'elle a pour équation : $y(x) = a\ x^2$

3°) Avec la modélisation en déduire la valeur de la vitesse initiale $\boldsymbol{v_0}$.
Données : charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\, C$ et masse électron : $m_e = 9{,}1 \times 10^{-31}\, kg$

4°) L'application du théorème de l'énergie cinétique montre que $v_0 = 3{,}23 \times 10^{7}\, m.s^{-1}$. Calculer l'erreur relative. Quelle peut être la cause de la différence ? (Voir mode d'emploi pour y répondre)

Pour le prof

Remarque : Le condensateur présente des effets de bords non négligeables ce qui peut expliquer les écarts de mesures.

Un électron est considéré comme relativiste si $\frac{v_e}{c} \approx 1$.

Données : $e = 1{,}602 \times 10^{-19} C$ et $m_e = 9{,}109 \times 10^{-31} kg$ et c = 299 792 458 m.s^{-1}

Calculons la vitesse à la sortie du canon à électrons :

Cas classique : pour une tension U = 3000 V la conservation de l'énergie donne $v_0 = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = 3{,}248 \times 10^7 m.s^{-1}$ soit 10,83 % de la vitesse de la lumière.

Cas relativiste *:* pour une tension U = 3000 V la conservation de l'énergie donne $v_0 = c\sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{eU}{m_e c^2}\right)^2}} = 3{,}234 \times 10^7 m.s^{-1}$ soit 10,79 % de la vitesse de la lumière.

On voit ici que le cas relativiste donne quasiment le même résultat que le cas classique.

Remarque : pour un mouvement rectiligne l'application de de la relativité restreinte donne :

$$v_x(t) = \frac{\frac{qE}{m_e} t}{\sqrt{1 + \left(\frac{qE}{m_e c} t\right)^2}} \quad \text{et} \quad x(t) = \frac{m_e c^2}{qE}\left(\sqrt{1 + \left(\frac{qE}{m_e c} t\right)^2} - 1\right)$$

Matériels nécessaire

- 1 Webcam par poste
- 1 pc équipé de Regressi + regavi et VirtualDub
- 1 lampe de bureau pour éclairé la scène
- 1 balle ou objet sphérique.

Au bureau 1 déflectron + générateur haute tension 6 kV + fils